

Галиев Ильгиз Гакифович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ
ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛЯ
РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА
(на примере хозяйств республики Татарстан)**

Специальности: 05.20.01- технологии и средства механизации сельского хозяйства
05.20.03- технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

КИРОВ - 2003

Работа выполнена в Казанской государственной сельскохозяйственной академии.

Научный консультант - доктор технических наук, профессор, заслуженный механизатор РТ Макаров Петр Ильич.

Официальные оппоненты: академик Россельхозакадемии, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России Кряжков Валентин Митрофанович;

доктор технических наук, профессор
Мишин Петр Владимирович

доктор технических наук, профессор
Смирнов Василий Тимофеевич

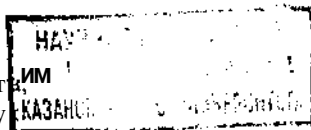
Ведущая организация - Всероссийский научно- исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно- тракторного парка (ГОСНИТИ)

Защита состоится «4» февраля 2004 года в 13³⁰ на заседании диссертационного совета ДМ 006.048.01 в Зональном НИИСХ Северо- Востока им. Н.В.Рудницкого по адресу: 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а, ауд. 426.

С диссертацией можно ознакомиться и библиотеке Зонального НИИСХ Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого

Автореферат разослан « » декабря 2003 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Ф.Ф. Мухамадьяров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. На современном этапе развития сельского хозяйства в условиях перехода к рыночным отношениям обостряется проблема эффективности использования техники.

При улучшении технических характеристик тракторов тенденция снижения эффективности их эксплуатации сохраняется.

Природно- климатические условия, сезонность при выполнении механизированных работ, значительная стоимость машинно— тракторного агрегата, дефицит механизаторских кадров, снижение технической оснащенности и сокращение объемов производства продукции АПК предъявляют особые требования к надежности, долговечности, техническому сервису для поддержания техники в работоспособном состоянии.

Применение существующей системы ремонтно- обслуживающих воздействий не обеспечивают надежность функционирования производственных процессов растениеводства из- за отсутствия методов оптимизации и обеспечения работоспособности машинно-тракторного парка с учетом многообразия меняющихся факторов.

Поэтому актуальными становятся исследования, направленные на разработку эффективных эксплуатационных мер по реализации потенциальных возможностей техники, выявлению и использованию резервов сбережения трудовых и материальных ресурсов при производстве ремонтно-обслуживающих работ, позволяющих в значительной мере снизить уровень затрат на содержание машинно-тракторного парка.

Работа соответствует плану НИР Казанской государственной сельскохозяйственной академии по теме «Разработать пути повышения эффективности использования тракторов и автомобилей в сельскохозяйственном производстве» (регистрационный номер №0101.0070304).

Тема диссертации соответствует требованиям Федерального Закона РФ «Об энергосбережении» от 03.04.96 г. № 28-ФЗ.

Цель исследований. Повышение эффективности эксплуатации тракторов путем обеспечения их работоспособности для различных условий функционирования.

Объект исследований. Трактор и его работоспособность в различных условиях аграрного производства.

Методика исследований. Теоретические исследования проводились с использованием основных положений теорий надежности, методов математической статистики, корреляционно- регрессионного анализа и метода предельных и нормальных значений, широко применяемого и квалитметрии.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием отраслевых и частных методик, методов экспертных оценок, моментных наблюде-

ний, сбора и обработки информации. Обработка результатов эксперимента проводилась с применением методов математической статистики, теории вероятности и ЭВМ.

Научная новизна:

- теоретически обоснованы уровни технической эксплуатации и работоспособности тракторов;

- теоретически обоснованы оптимальные значения доремонтной, межремонтной наработок и срока службы тракторов с учетом условий их функционирования, состояния и одновременности затрат;

- разработана математическая модель оптимизации и обеспечения работоспособности тракторов с учетом условий их функционирования и состояния с выбором варианта ремонтно- обслуживающих воздействий для конкретного трактора;

- обоснованы предельные величины уровней работоспособности агрегатов, заменяемых предупредительно при ТО-3;

- выявлены закономерности изменения надежности, технико-экономических, эксплуатационных показателей в зависимости от уровня технической эксплуатации и работоспособности тракторов;

- теоретически обоснован и экспериментально подтвержден дифференцированный подход в планировании использования тракторов;

- разработаны мероприятия по повышению эффективности эксплуатации тракторов;

- разработан рабочий проект по управлению работоспособностью тракторов.

Практическая ценность и реализация результатов исследований

Разработан метод определения уровня технической эксплуатации тракторов, позволяющий оценить условия функционирования техники с последующей разработкой мероприятий по ее повышению.

Предложен метод оценки состояния техники, позволяющий обосновать и обеспечить работоспособность, провести дифференциацию сельскохозяйственных работ по тракторам и разработать мероприятия по ее повышению.

Получены аналитические зависимости целевых функций для сроков ремонта, службы с учетом условий функционирования и состояния тракторов, позволяющие в оптимальные сроки провести капитальные ремонты и списание техники.

Получены предельные значения уровней работоспособности агрегатов, позволяющие предупредительно заменить при ТО-3.

В результате проведенных исследований разработан рабочий проект по управлению работоспособностью тракторов, которые изложены в методическом пособии: Галиев И.Г. Рабочий проект по управлению работоспособностью тракторов с учетом их состояния и условий функционирования. -Ка-

заны: Изд-во КГСХА, 2002.- 53 с. Рабочий проект представляет собой руководство по внедрению результатов исследований и производство.

Методы оценки условий использования и состояния тракторов, математическая модель управления работоспособностью техники изложены в монографии: Галиев И.Г. «Повышение эффективности использования тракторов с учетом условий их функционирования» -Казань: Изд-во Казан, ун-та, 2002.-204 с.

Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс Казанской ГСХА, институтов переподготовки кадров Республики Татарстан и Республики Марий-Эл, Марийского ГУ, Марийского ГТУ, Чувашской ГСХА, сельскохозяйственных техникумов Республики Татарстан.

Результаты исследования и практические рекомендации внедрены в хозяйствах аграрного производства РТ.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в монографии объемом 12,8 печатных листов и 58 научных статьях.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Метод оценки условий функционирования тракторов с учетом весомостей факторов и степени их реализации.
2. Метод оценки работоспособности трактора с учетом степени соответствия агрегатов исправному состоянию.
3. Целевые функции определения оптимальных значений доремонтной, межремонтной наработки и срока службы тракторов с учетом условий функционирования, состояния и одновременности затрат на обеспечение работоспособности.
4. Закономерности изменения надежности, технике - экономических и эксплуатационных показателей в зависимости от условий функционирования и состояния трактора.
5. Дифференцированное планирование использования тракторов с учетом состояния агрегатов и систем.
6. Математическая модель управления показателями надежности тракторов с учетом их состояния и условий функционирования с выбором варианта ремонтно- обслуживающих воздействий для конкретного трактора.
7. Мероприятия по повышению эффективности эксплуатации тракторов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы изложены на Международной конференции в рамках ЮНЕСКО «Совершенствование подготовки и переподготовки специалистов в условиях рыночных отношений», ТИСБИ (Казань, 1996); на II и III Международных научно-практических конференциях "Автомобиль и техносфера", ВИКО (Казань, 2001 г., 2003 г.); на юбилейной Международной конференции «Проблемы механизации сельского хозяйства» (Казань 2002 г.); на Международной научно- технической конференции по теории механизмов и машин (Казань, 2003);

на Всесоюзной научно- технической конференции «Диагностика повышения эффективности, экономичности и долговечности двигателя» (Ленинград, 1991 г.); на Всероссийской конференции «Современные технологии, средства механизации и технического обслуживания в АПК», МГУ (Саранск 2002 г.); на Всероссийской научно- практической конференции «Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистемы», (Казань, 2002 г.); на 10^я научно- практической конференции вузов Поволжья и Предуралья «Совершенствование и развитие мобильной энергии в сельском хозяйстве» ЧГСХА (Чебоксары, 1998 г.); на XXXIII научной конференции, посвященной 50-летию Свердловского сельскохозяйственного института (Свердловск, 1990 г.); на научно- производственной конференции «Прогрессивные формы интеграции науки и производства АПК» (Кустанай, 1991 г.); на научно- практической конференции «Перспективы развития автомобилей и двигателей в республике Татарстан», ОАО КамАЗ (Набережные Челны, 1999 г.); на научно- техническом Совете Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ (Казань, 1992 г., 2002 г.); на научном Совете по механизации сельского хозяйства Академии наук РТ (Казань, 2003 г.); ежегодно докладывались и обсуждались на научных конференциях Казанской ГСХА (1998...2003 гг.).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, общих выводов и приложений. Общий объем 440 страниц, в том числе 335 страницы основного текста, 50 рисунков, 49 таблиц. Список литературы включает 283 наименование, из них 6 на иностранных языках. В приложении приведено 8 рисунков и 17 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель, задачи исследования и основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе приведен анализ работ посвященных повышению эффективности эксплуатации тракторов и формированию системы технического обслуживания.

Повышению эффективности использования машинно- тракторного парка посвящены труды С.А.Иофинова, Ю.К.Киртбая, Б.В.Павлова, М.А.Путинцевой, Б.С.Свищевского и др.

Проблеме влияния природно- климатических и производственных условий на работу техники посвящены труды ученых Х.Г.Барама, А.Н.Важенина, Н.П.Величкина, А.Е.Волкова, В.Г.Голбдмана, Н.П.Жука, Р.А.Игнатьева, Р.В.Кугеля, А.Т.Лебедева, А.А.Стаценко, Г.А.Ташкинова, Н.Л.Шаниной и др.

В основу формирования системы технического обслуживания и ремонта Техники положены труды А.Г.Акчурина, В.М.Кряжкова, Ю.А.Конкина, В.В.Лазовского, И.С.Левитского, В.М.Лившица, В.М.Михлина,

В.С.Мкартумяна, А.В.Николаенко, Н.С.Пасечникова, Л.П.Терских, Б.А.Улитовского, И.Е.Ульмана, С.С.Черепанова и др.

Разработке методов оптимизации периодичности проведения ремонтно-обслуживающих воздействий посвящены работы А.С.Гальперина, К.М.Бсавалерчика, Р.Н.Колегаева, Р.В.Кугеля, Н.С.Макарова, Е.М.Мещерина, А.И.Селеванова, К.Ю.Скибневского, С.В.Шумика, Н.М.Хмелевой, Е.Е.Чудновского и др.

И.П.Добролюбовым, В.М.Лившицем, Г.Е.Топилиным, В.М.Забродским ведутся исследования по обоснованию режимов процесса технического обслуживания машин с дискретным и непрерывным контролем в зависимости от характеристик технических средств диагностирования.

Учеными В.Я.Аниловичем, А.В.Алехиным, Г.Г.Азгельдовым, Д.А.Антонцом, Я.А.Бабченко, И.П.Величкиным, В.М.Забродским, П.П.Лезиным, Г.П.Лашко, Г.Е.Топилиным рассмотрены вопросы оценки элементов технической эксплуатации тракторов.

Проблема оптимизации наработок, сроков службы отражены в работах А.С.Гальперина, Р.Н.Колегаева, Р.В.Кугеля, В.М.Михлина, С.С.Некрасова, С.В.Оганесяна, А.И.Селиванова, И.И.Трепененкова, В.А.Ушанова, А.М.Плаксына и др.

Из приведенного анализа существующих методов повышения эффективности использования тракторов, можно сделать следующие выводы:

- показатели использования тракторов зависят от мероприятий по обеспечению работоспособности техники;
- регламентная стратегия назначения ремонтно-обслуживающих воздействий не позволяет в принципе исключить издержки от несвоевременного устранения последствий отказа;
- при определении сроков ремонта и службы техники исследователями не учитываются условия функционирования и состояния тракторов, тем самым процесс эксплуатации рассматривается как неуправляемый и не зависящий от целенаправленной деятельности человека.

Задачи исследования:

- разработать метод оценки условий функционирования тракторов;
- разработать метод оценки состояния агрегатов и трактора;
- обосновать доремонтную, межремонтную наработку и срока службы на основе минимизации затрат на обеспечение работоспособности с учетом условий функционирования тракторов;
- обосновать рациональные варианты ремонтных воздействий на тракторы в зависимости от состояния агрегатов и условий функционирования;
- разработать математическую модель управления показателями надежности тракторов за счет целенаправленного изменения их наработки и объемов ремонтно-обслуживающих воздействий;

- установить закономерности изменения надежности, технико- экономических и эксплуатационных показателей в зависимости от условий функционирования и состояния тракторов;

- разработать мероприятия и практические рекомендации по повышению эффективности эксплуатации тракторов.

Во втором разделе приведены теоретические исследования по обоснованию условия функционирования и состояния тракторов

Условия функционирования тракторов включают в себя эксплуатационные и природно-климатические условия.

Эксплуатационные условия характеризуются техническими, организационными и производственными условиями. Выполнение технических и организационных условий направлено на поддержание трактора в работоспособном состоянии. Реализация этих условий оценивается уровнями определяющих и обобщенных факторов. Факторы влияют на работоспособность и показатели эффективности использования техники не одинаковы. Степень влияния определяется весомостью факторов.

Реализации факторов с учетом их весомости можно выразить комплексным безразмерным показателем - уровнем технической эксплуатации тракторов.

Производственные условия определяются организацией работ агрегата, планированием состава и структуры МТП, технологией механизированных работ. Степень реализации условий оказывает влияние на работоспособность агрегатов и систем через величины весомостей факторов.

Природно-климатические условия характеризуются рельефом местности (изрезанность поля, наличие склонов и препятствий); количеством осадков в году и средней температурой (влажностью и температурой воздуха); видом, связностью почвы и влияют на состояние агрегатов и систем техники.

Поскольку трактор состоит из связанных между собой систем, а системы - из агрегатов, то справедливо утверждать, что надежность зависит от работоспособности составляющих элементов, которые определяют эксплуатационные и технико- экономические показатели.

Перечень факторов определяется широко известным методом экспертных оценок. Уровни определяющих факторов- по четырехбалльной шкале желательности Харриштона.

При определении весомостей следует учесть, в первую очередь уровень технической эксплуатации тракторов влияет на показатели надежности. В связи с этим мы считаем, что выходным показателем изменения является наработка на отказ.

Для использования метода математической статистики составляется матрица исходных данных, вида:

$$\begin{array}{cccccc}
 a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} & A_1 \\
 a_{21} & a_{21} & a_{21} & \dots & a_{2m} & A_2 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 a_{n1} & a_{n1} & a_{n1} & \dots & a_{nm} & A_n
 \end{array} \quad (1)$$

где $a_{11} \dots a_{nm}$ - параметры исходных данных;

$A_{11} \dots A_{nm}$ - параметр отклика.

Для определения весомости определяющих факторов составляется матрица (1), при этом параметрам $a_{11} \dots a_{nm}$ соответствуют уровни определяющих факторов $\varphi_{11} \dots \varphi_{nm}$, параметрам отклика $A_{11} \dots A_{nm}$ - наработка на отказ $T_1 \dots T_m$.

Уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$B_{1j}\varphi_{2j} + B_{2j}\varphi_{2j} + \dots + B_{ij}\varphi_{ij} = T_0, \quad (2)$$

где $B_{1j}, B_{2j} \dots B_{ij}$ - коэффициенты регрессии 1, 2 ... i-го определяющих факторов, входящих в j-й обобщенный;

$\varphi_{2j}, \varphi_{2j} \dots \varphi_{ij}$ - уровни 1, 2 ... i-го определяющих факторов, входящих в j-й обобщенный.

Используя уравнение (2), можно определить степень влияния каждого определяющего фактора $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i$ на выходной показатель T_{ij} :

$$K_{ij} = \frac{\varphi_i B_i}{\sum_{i=1}^m \varphi_i B_i}, \quad \sum_{i=1}^m K_{ij} = 1, \quad (3)$$

где $\overline{K_i}$ - весомость i-го определяющего фактора;

$\overline{\varphi_i}$ - среднеарифметическое значение уровня i-го определяющего фактора.

Весомость и уровень обобщенного фактора определяются используя матрицу (1), при этом параметрам $a_{11} \dots a_{nm}$ соответствуют уровни обобщенных факторов $Y_{11} \dots Y_{nm}$, параметрам отклика $A_{11} \dots A_{nm}$ - наработка на отказ $T_1 \dots T_m$.

Выводится уравнение регрессии вида:

$$B_1 Y_1^0 + B_2 Y_2^0 + \dots + B_j Y_j^0 = T_n, \quad (4)$$

где $B_1, B_2 \dots B_n$ - коэффициенты регрессии 1, 2 ... j-го обобщенного фактора;

$Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_n^0$ - уровни 1, 2 ... j-го обобщенного фактора.

Используя уравнение (4), можно определить степень влияния каждого обобщенного фактора $Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_n^0$ на выходной показатель T_n :

$$Z_j^0 = \frac{\overline{Y_j^0} B_j}{\sum_{j=1}^n \overline{Y_j^0}}, \quad \sum_{j=1}^n Z_j^0 = 1, \quad (5)$$

где Z_j^0 - весомость j -го обобщенного фактора;

$\overline{Y_j^0}$ - среднеарифметическое значение уровня j -го обобщенного фактора.

Уровни обобщенных факторов определяются для каждого хозяйства по формуле:

$$Y_j^0 = \sum_{i=1}^m \phi_i k_i, \quad (6)$$

Уровень технической эксплуатации тракторов в хозяйствах определяется из выражения:

$$Y_{\text{тн}} = \sum_{j=1}^n Z_j Y_j^0. \quad (7)$$

При проведении мероприятий по повышению уровня технической эксплуатации тракторов, следует учесть, что все определяющие факторы условно разделены по группам их реализации. К первой группе относятся факторы, повышение уровней которых требует проведения организационных мероприятий, ко второй - повышение дисциплины труда, к третьей - требующие дополнительных капиталовложений. В связи с этим, повышение уровня технической эксплуатации предполагает выполнение следующих работ: 1) определение оптимального уровня технической эксплуатации тракторов; 2) проведение ранжирования определяющих и обобщенных факторов.

В любой момент времени техника может находиться в исправном, неисправном, работоспособном и неработоспособном состояниях.

Исходя из литературного анализа и фактического состояния эксплуатации тракторов, нарушение работоспособности может выражаться тремя состояниями:

а) трактор нельзя использовать при выполнении той или иной сельскохозяйственной операции;

б) использование трактора возможно, но имеется существенное нарушение качества сельскохозяйственных работ или угроза безопасности работе механизатором;

в) дальнейшее использование трактора невозможно по экономическим причинам.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- не все агрегаты влияют на работоспособность и существуют агрегаты, состояние, степень износа которых определяют работоспособность трактора;
- не все агрегаты, определяющие работоспособность трактора, оказывают влияние на качество выполнения сельскохозяйственных работ. Трактор, являющийся неработоспособным для выполнения одной группы сельскохозяйственных работ, может быть работоспособным для выполнения других групп сельскохозяйственных операций. Более того, изменение состава агрегата (снижение сопротивления, изменение ширины захвата агрегата) может изменить состояние трактора из неработоспособного в работоспособное.

Таким образом, необходим показатель работоспособности, дающий возможность дифференцирования тракторов по сельскохозяйственным работам.

Нами предлагается такой показатель - уровень работоспособности, который отражает степень соответствия фактического состояния трактора исправному. Теоретический уровень работоспособности может меняться от 0 до 1. При уровне работоспособности равным 0 - предполагается, что трактор списывается с баланса хозяйства; уровень работоспособности равен 1 - трактор находится в исправном состоянии.

В отличие от скачкообразного перехода трактора из работоспособного в неработоспособное состояние и наоборот, уровень работоспособности имеет тенденцию к снижению, а после проведения ремонтно-обслуживающих воздействий к повышению, стабилизации и снова к снижению.

При оценке уровней работоспособности агрегатов, диагностические показатели рассматриваются по двум системам: система «вал» и система «отверстие». В связи с этим, уровень работоспособности j -го агрегата s -ой системы трактора определяется по формулам:

- для системы «вал»

$$h_{rcj} = \frac{L_{фсj} - L_{нкj}}{L_{икj} - L_{нкj}}, \quad (8)$$

- для системы «отверстие»

$$h_{rcj} = \frac{L_{нкj} - L_{фсj}}{L_{нкj} - L_{икj}}, \quad (9)$$

где $L_{фсj}$ - фактическая величина диагностического параметра j -го агрегата s -ой системы трактора;

$L_{нкj}$ - номинальная величина диагностического параметра j -го агрегата s -ой системы трактора;

$L_{икj}$ - предельная величина диагностического параметра j -го агрегата s -ой системы трактора.

Перечень агрегатов и систем определяется по степени влияния на надежность объекта.

Сбор первичной информации производится на основании диагностирования при проведении ТО-3.

Все полученные данные записываются в виде матрицы (1), при этом параметрам $a_{11} \dots a_{nm}$ соответствуют уровни работоспособности агрегатов $h_{p11} \dots h_{pza}$, параметрам отклика $A_{11} \dots A_{nm}$ - параметр потока отказов $\omega_1 \dots \omega_n$.

Поскольку зависимость параметра потока отказов и уровня работоспособности имеет нелинейный характер весомости агрегатов системы определяются по формуле:

$$B_{cj} = \frac{\Delta S_{cj}}{\sum_{j=1}^j \Delta S_{co}}, \quad (10)$$

где ΔS_{cj} - сумма приращений параметра потока отказов c -ой системы трактора с увеличением уровня работоспособности j -го агрегата.

Допустим $\omega_{ic} = a_{ic} y_c^{B_{ia}}$, то формула (10) будет выглядеть:

$$B_{cj} = \frac{\sum_{y_{pc} < 0,1}^i (a_c h_{pc}^{B_c} - a_c (h_{pc} - 0,1)^{B_c})}{\sum_{j=1}^j \sum_{y_{ca} < 0,1}^i (a_c h_{pc}^{B_c} - a_c (h_{pc} - 0,1)^{B_c})}, \quad \sum_{j=1}^j B_{cj} = 1. \quad (11)$$

Уровень работоспособности системы определяется по формуле:

$$Y_c = \sum_{j=1}^m h_{cj} B_{cj}. \quad (12)$$

Для определения весомостей систем используется матрица (1), при этом параметрам $a_{11} \dots a_{nm}$ соответствуют уровни работоспособности систем $Y_{11} \dots Y_{ic}$, параметрам отклика $A_{11} \dots A_{nm}$ - параметр потока отказов $\omega_1 \dots \omega_m$.

После проведения корреляционного анализа, весомости систем определяются по формуле:

$$B_c = \frac{\Delta S_c}{\sum_{c=1}^c \Delta S_c} = \frac{\sum_{y_{pc} < 0,1}^i (a_c y_c^{B_c} - a_c (y_c - 0,1)^{B_c})}{\sum_{c=1}^c \sum_{y_{ca} < 0,1}^i (a_c y_c^{B_c} - a_c (y_c - 0,1)^{B_c})}, \quad \sum_{c=1}^c B_c = 1, \quad (13)$$

где ΔS_c - сумма приращений параметра потока отказов c -ой системы трактора с увеличением уровня его работоспособности.

Уровень работоспособности трактора определяется по формуле:

$$y_p = \sum_{c=1}^c y_c B_c. \quad (14)$$

Разработка мероприятий по повышению уровня работоспособности заключается в определении перечня, последовательности агрегатов по степени износа и возможности выполнять сельскохозяйственные работы безотказно до следующего ТО-3. Допустимые значения уровней работоспособности агрегатов и систем определяются для каждого вида сельскохозяйственных работ экспериментальным путем.

Ранжирование агрегатов и систем определяются расположением в порядке убывания коэффициентов эффективности.

Коэффициент эффективности определяется по формуле:

$$M_{cj} = (1 - h_{cj}) B_{cj} v_{jc}. \quad (15)$$

Оптимизация сроков ремонта и службы осуществляется по критерию минимума удельных затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии.

Целевые функции для определения оптимальных значений доремонтной, межремонтной наработок и срока службы выглядят следующим образом:

$$y(T_{\text{дмс}}) = \frac{\sum_{i=1}^3 C_i(T_{\text{дмс}})}{T_{\text{дмс}}} \rightarrow \min, \quad (16)$$

где $i = 1, 2, 3$ - соответственно затраты на техническое обслуживание, устранение последствий от отказа и замену агрегата и капитальный ремонт в течение доремонтного, межремонтного периодов и периода до списания, руб; T_d , T_m , T_c - соответственно доремонтная, межремонтная наработки и наработка до списания.

После математических преобразований целевые функции выглядят:

$$y(T_{\text{дмс}}) = \{C_{\text{ТО}} \cdot T_{\text{дмс}} + \sum_{i=1}^3 \{K_{\text{упр}}^0 [C_{2i}^0(T_{\text{дмс}}) + 3_{\text{п}} \cdot t_i(T_{\text{дмс}})]\} \times \\ \times \left(\sum_{c=1}^c a_{ic} (y_{\text{pc}} - \beta_c)^{n_c} + \frac{T_d - T_{\text{jc}}^A}{T_{\text{jc}}^M} \cdot \sum_{c=1}^c a_{ic} (y_{\text{pc}} - \beta_c)^{n_c} + \frac{T_m}{T_{\text{jc}}^M} \sum_{c=1}^c a_{ic} (y_{\text{pc}} - \beta_c)^{n_c} \right) + \\ + \frac{T_c}{T_{\text{jc}}^M} \sum_{c=1}^c a_{ic} (y_{\text{pc}} - \beta_c)^{n_c} \} + \sum_{j=1}^j C_j \cdot n_j(T_{\text{дмс}}) + C_{\text{кр}} / T_{\text{дмс}} \rightarrow \min, \quad (17)$$

где $C_{\text{ТО}}$ - удельные затраты на ТО, руб/м.ч.; $m_i(T_{\text{дмс}})$ - количество отказов i -ой группы сложности в ремонтных периодах; $C_{2i}^0(T_{\text{дмс}})$ - затраты на устранение последствий отказов i -ой группы сложности в ремонтных периодах, руб; $3_{\text{п}}$ - потерн продукции из-за часового простоя трактора по причине отказа, руб; $t_i(T_{\text{дмс}})$ - продолжительность простоя по причине отказа в ремонтные пе-

риоды, руб; $K_{\text{тзг}}^{\text{оп}}$ - коэффициент, учитывающий снижение затрат от отказов и простоев с повышением уровня технической эксплуатации тракторов; $T_{\text{к}}^{\text{а}}, T_{\text{к}}^{\text{м}}, T_{\text{к}}^{\text{с}}$ - соответственно средние значения доремонтных, межремонтных ресурсов и ресурса до списания j -х агрегатов с-х систем трактора, ч.; $Y'_{\text{к}}, Y''_{\text{к}}$, $Y_{\text{к}}^{\text{м}}$ - соответственно максимальные значения уровней работоспособности с-ой системы трактора в периоде до ремонта, между ремонтами и до списания; $\beta_{\text{с}}^{\text{а}}, \beta_{\text{с}}^{\text{м}}, \beta_{\text{с}}^{\text{с}}$ - показатели изменения состояния с-ой системы трактора в периоде до ремонта, между ремонтами и до списания; C_j - затраты на замену j -го агрегата, руб; $n_j(T_{\text{дмс}})$ - количество замен j -го агрегата за межремонтные периоды.

Затраты на капитальный ремонт с учетом разновременности затрат выглядят следующим образом:

$$C_3^{\text{п}} = C_{\text{кр}} \left(\frac{1}{1+E} \right)^{t_{\text{кр}} - 1} \cdot T_{\text{дмс}} \quad (18)$$

Учитывая, что удельные затраты на ТО постоянны, приведенные затраты на ТО с учетом разновременности, выглядят следующим образом:

$$C_1^{\text{п}} = C_{\text{то}} \left(\frac{1}{1+E} \right)^{t_1} \cdot T_{\text{дмс}} \quad (19)$$

Затраты на устранение отказов и от простоев с учетом их разновременности вычисляются по формуле:

$$C_2^{\text{п}}(T_{\text{дмс}}) = K_{\text{тзг}}^{\text{о}} \sum_{p=0}^{T_{\text{дмс}}} f^{\text{о}}(T_{\text{дмс}}) \cdot \left(\frac{1}{1+E_{\text{п}}} \right)^{t_{\text{ма}} - p} + K_{\text{тзг}}^{\text{пр}} \sum_{p=0}^{T_{\text{дмс}}} f^{\text{пр}}(T_{\text{дмс}}) \cdot \left(\frac{1}{1+E_{\text{п}}} \right)^{t_{\text{ма}} - p} \quad (20)$$

где $f^{\text{о}}(T_{\text{дмс}})$, $f^{\text{пр}}(T_{\text{дмс}})$ - соответственно, зависимости затрат на устранение отказов и от простоев в ремонтных периодах и до списания от наработки; $K_{\text{тзг}}^{\text{о}}, K_{\text{тзг}}^{\text{пр}}$ - соответственно коэффициенты, учитывающие снижение затрат от отказов и простоев с повышением уровня технической эксплуатации тракторов.

При этом накладывается следующее ограничение:

$$Y(T_{\text{а}}) > Y(T_{\text{с}}) > Y(T_{\text{с}}) \quad (21)$$

В третьем разделе приведены выбор критерия управления работоспособностью техники, обоснование варианта ремонтных воздействий, вида зависимостей показателей использования тракторов от уровней их технической экс-

плутации и работоспособности, а так же разработана математическая модель управления работоспособностью машин.

Процесс управления выработкой и восстановлением ресурса базируется на определенных закономерностях старения машин и восстановления их ресурса, что позволяет в процессе моделирования учесть влияние управляемых факторов.

Кроме выработки технического ресурса необходимо регулировать и процесс его восстановления. К моменту напряженных полевых работ показатели надежности сельскохозяйственной техники должны быть доведены до уровня, обеспечивающего минимум потерь продукции вследствие простоев.

Следовательно, управление надежностью тракторов заключается в регулировании выработки их ресурсов в зависимости от уровня старения и планирования сроков ремонта с учетом условий функционирования.

Агрегат заменяется предупредительно - по состоянию и определяется величиной уровня его работоспособности. В некоторых случаях одновременно заменяются несколько агрегатов. При попутном ремонте агрегатов ряд операций (транспортирование, очистка трактора, часть разборочно-сборочных работ, подкраска, обкатка) выполняется один раз. В этом случае уменьшается время простоя машины по сравнению со временем индивидуальной замены агрегатов, уменьшается вероятность отказа агрегатов, имеющих невысокий уровень работоспособности. Однако в этом случае недоиспользуется технический ресурс агрегатов, заменяемых попутно. Следовательно, целесообразность попутной замены необходимо проверять через экономический критерий на основе сравнения затрат на поддержание работоспособности машин по двум вариантам.

Агрегат, исчерпавший ресурс, может быть заменен на новый или капитально отремонтированный. При замене необходимо учитывать состояние остальных агрегатов трактора:

для агрегатов двигателя

$$h_{ej}^0 = \min \{ \overline{h_{ej1}} | \overline{h_{ej2}} \geq Y_{*j} \} \quad , \quad (22)$$

для остальных агрегатов машины

$$h_{ej}^0 = \min \{ \overline{h_{ej1}} | \overline{h_{ej2}} \geq Y_{*j} \} \quad , \quad (23)$$

где $\overline{h_{ej1}}, \overline{h_{ej2}}$ - уровень работоспособности нового и капитально отремонтированного j-го агрегата.

Комплексным показателем надежности тракторов является коэффициент технического использования $K_{\text{ти}}$. Для определения величины коэффициента технического использования в процессе эксплуатации применяется статистическая оценка.

Коэффициент технического использования определяется по формуле

$$K_{\text{т.и.}}(k) = \frac{\sum_{i=1}^I u_i(k)}{\sum_{i=1}^I u_i(k) + \sum_{j=1}^J t_{\text{в.}}(k)}, \quad (24)$$

где $u_i(k)$ - время работы i -й машины в k -м году, ч; $t_{\text{в.}}(k)$ - время восстановления работоспособности i -й машины в k -м году, ч; j - количество тракторов.

Функционал качества управления показателями надежности тракторов выглядит следующим образом

$$C = \frac{1}{S} \left\{ C_{\text{т.и.}} \sum_{i=1}^I u_i(k) + \sum_{g=1}^3 \bar{C}_{\text{ог}} \sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^C m_{\text{ог}}(k) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \bar{C}_{\text{ог}} \delta_{ij}(k) + \sum_{s=1}^S \frac{C_{\text{огр}}}{T_{\text{огр}}} \sum_{i=1}^I \delta_{\text{огр}}(s) u_i(s) + \right. \\ \left. + \sum_{r=1}^R \sum_{q=1}^Q 0.5 K_{\text{прq}} u_q(C_{\text{юq}} - C_{\text{цq}}) S_{\text{прq}}(k) D_{\text{прq}}(k) \left[\frac{S_{\text{прq}}(k)}{K_{\text{прq}}} - \sum_{i=1}^I u_i(k) \right] \right\} \rightarrow \min, \quad (25)$$

где $K_{\text{прq}}$ - коэффициент дифференцированных потерь урожая из-за простоев при выполнении p -ой работы на q -ой культуре, $1/\text{г}$; $S_{\text{прq}}(k)$ - площадь работ p -го вида на q -ой культуре в k -м году, га; u_q - средняя урожайность q -й культуры, ц/га; $C_{\text{цq}}$ - закупочно-сдаточная цена q -й культуры, р/ц; $C_{\text{прq}}$ - стоимость послеуборочной обработки q -й культуры, р/ц; $K_{\text{прq}}$ - эталонная, часовая производительность в ус.эт.га при выполнении p -го вида работы q -ой культуры; $C_{\text{ог}}$ - затраты на замену j -го агрегата; $D_{\text{прq}}$ - доля p -ой работы q -ой культуре от $S_{\text{прq}}(k)$ в k -ом году; P, Q - количество видов работ, культур.

$$\delta_{\text{огр}}(k) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й трактор капитально ремонтируется} \\ & \text{в } k\text{-ом году} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Ограничения на переменные задаются в виде неравенств:

$$\begin{cases} Y_{\text{п}}(k) \geq 0, & i = 1, 2, \dots, I \\ K_{\text{т.и.}} \sum_{i=1}^I u_i(k) \leq S_{\text{т.и.}}(k), & n = 1, 2, \dots, N \\ 0 \leq u_i(k) \leq t_{\text{в.}} K_{\text{т.и.}}(k) - t_{\text{в.}}(k), & k = 1, 2, \dots, K. \end{cases}$$

Первое ограничение показывает, что уровень работоспособности i -ой машины в k -ом году не должен быть меньше 0, второе ограничение - объем работ, выполняемый всеми тракторами в k -м году, не должен превышать

заданного, третье - время использования i -й машины в k -м году не может превышать времени работы, установленного в k -м году, за вычетом времени простоя по техническим причинам.

Задача, состоящая в отыскании оптимального управления, обеспечивающего показателю качества управления (25) наименьшее значение при ограничениях, является задачей оптимального дискретного управления.

Эта задача в силу нелинейности функционала является достаточно сложной в вычислительном отношении. Поэтому она будет сведена к линейной задаче путем кусочной линеаризации функционала (24).

При этом, процесс выработки и восстановления ресурса описывается уравнениями вида:

$$Y_{pci}(k+1) = Y_{pci}(k) - \int_k^{k+1} f(Y_{pci}) dt, \text{ если } Y_{pci}(k) \geq \int_k^{k+1} f(Y_{pci}) dt,$$

$$Y_{pci}(k+1) = Y_{pc}^0(k) - \int_k^{k+1} f(Y_{pci}) dt, \text{ если } Y_{pci}(k) < \int_k^{k+1} f(Y_{pci}) dt,$$

при этом $i = \overline{1, I}; k = \overline{0, K-1},$

где $Y_{pc}^0(k)$ - уровень работоспособности s -ой системы после замены его агрегатов на новый или капитально отремонтированный.

В процессе ресурсного диагностирования тракторов при ТО-3 прогнозируются средние уровни работоспособности их основных узлов и агрегатов. На основании оценки надежности трактора в процессе дальнейшей эксплуатации осуществляется выбор ремонтных воздействий с тем, чтобы обеспечить минимум затрат на восстановление его работоспособности в течении наработки до очередного ТО-3. Возможны следующие варианты ремонтных воздействий: устранение последствий отказов трактора по потребности; предупредительная замена агрегатов при ТО-3 и устранение последствий отказов по потребности; капитальный ремонт трактора.

Критерием оптимальности выбора варианта являются удельные затраты на ремонт с учетом потерь продукции вследствие простоя трактора по техническим причинам.

Целесообразность предупредительной замены j -го агрегата проверяется в том случае, когда величина его уровня работоспособности Y_{pi} менее предельного значения, т.е. уровня работоспособности до следующего ТО-3. Таким образом, если затраты C_{1j} , связанные с эксплуатацией j -го агрегата до отказа меньше чем, затраты C_{2j} , связанные с заменой j -го агрегата, принимается первый вариант - использование j -го агрегата до ресурсного отказа.

Если $((C_{1j} - C_{2j}) > 0$, то используется второй вариант - предупредительная замена j -го агрегата при ТО-3.

Если затраты на текущий ремонт трактора C в течении наработки до очередного ТО-3 больше, чем затраты на капитальный ремонт C_3 , то целесообразен капитальный ремонт машины, в противном случае производится текущий ремонт.

В четвертом разделе приведена программа и методика экспериментальных исследований.

Обосновано обеспечение работоспособности тракторов для различных условий функционирования, которые основаны на установлении закономерностей изменения надежности, технико-экономических, эксплуатационных показателей тракторов в зависимости от эксплуатационных и природно-климатических условий. В связи с этим, ставится цель исследования: установление закономерностей влияния технического состояния тракторов на показатели использования и надежности с учетом условий их функционирования.

Цель достигается организацией исследования по двум направлениям: оценка условий функционирования тракторов и оценка их работоспособности в хозяйствах.

Выбор исследуемых хозяйств осуществлялся методом диагонального распределения точек и исходя из следующих требований:

- количество хозяйств должно обеспечивать требуемое число тракторов, в соответствии с ГОСТ 27.502-83 не менее 14;
- районы и хозяйства должны быть наиболее типичными для исследуемых зон по природно-климатическим и местным условиям;
- в каждом административном районе должны быть выбраны хозяйства с лучшими, средними и низкими показателями использования техники.

Марка исследуемого трактора выбиралась, исходя из общего их количества в агроклиматической зоне. Гусеничные тракторы составляют 31% от общего парка республики, в связи с этим выбран ДТ-75М. Число исследуемых тракторов - 120... 140 (согласно ГОСТ 27.502-83).

Определение технико-экономических и эксплуатационных показателей осуществляется изучением документов бухгалтерской отчетности и методом моментных наблюдений (число моментов равно 400).

Перечень факторов определяется экспертным методом, а их весомости - расчетным и экспертным методами. Экспертная группа состояла из 15 человек (ГОСТ 23554.0-79). Согласованность мнений экспертов оценивается коэффициентом конкордации W . Для оценки значимости коэффициентов используется критерий χ^2 .

Вычисление погрешности оценки уровня технической эксплуатации тракторов сводится к определению доверительного интервала для значения наиболее удаленного от среднего значения определяющего фактора \bar{f} .

Для решения задач по второму направлению экспериментальных исследований была сделана генеральная выборка из числа тракторов находящихся под наблюдением. В соответствии с ГОСТ 27.502-83 количество наблюдаемых тракторов $N=32$.

Погрешность оценки надежности системы агрегатов трактора и количества отказов имеет случайный характер, поэтому в характеристику входят два числа - доверительный интервал и доверительная вероятность. Доверительная вероятность позволяет оценить степень достоверности полученного результата.

Адекватность предложенной модели оценивалась по количеству отказов систем трактора по группам сложности и величине трудоемкости поддержания в работоспособном состоянии.

Среднеквадратическая погрешность оценки диагностических параметров составляет 10%. Вероятность получения положительной погрешности (+10%) равна вероятности получения отрицательной погрешности (-10%). Тогда $P(+10\%) = P(-10\%) = 1/2$. Вероятность того, что p агрегатов будут иметь только положительную или только отрицательную погрешность, равна $(1/2)^p$ и резко уменьшается с ростом p .

Следовательно, можно сделать вывод о том, что погрешность прогнозирования уровня работоспособности отдельных агрегатов не будет значительно влиять на величину трудоемкости технического обслуживания и ремонта парка тракторов.

В пятом разделе приведены результаты и анализ экспериментальных исследований.

Методом экспертного опроса выявлено, что уровень технической эксплуатации характеризуется 6 обобщенными факторами и 29 определяющими, из которых 15 факторов относятся к техническим, а 14 - к организационным условиям. В таблице 1 представлены результаты определения весовостей факторов расчетным (по формулам (3) и (5)) и экспертным методами. При этом коэффициенты конкордации находятся в пределах от 0,49 до 0,79, а их ошибка - от 0,14 до 0,11.

Выявлено, что в исследуемой зоне уровень технической эксплуатации колеблется в пределах от 0,55 до 0,88, среднее значение соответствует 0,65.

Определение погрешности оценки уровня технической эксплуатации показало, что с доверительной вероятностью 0,90 величина доверительного интервала не превышает 6% от значения уровня обобщенного фактора, рассчитанного по предложенной методике.

Таблица 1.

Перечень и весомости факторов, определенных расчетным
и экспертным методами

Обобщенный фактор	Весомость обобщенного фактора		Определяющий фактор	Весомость определяющих факторов	
	расч. Z_i^*	эксп. опрос		расч. K_{ij}	эксп. опрос
1	2	3	4	5	6
1. Качество ТО	0,311	0,23	1.1 Наличие оборудования для проведения ТО	0,428	0,20
			1.2 Выполнение номенклатуры операций ТО	0,307	0,50
			1.3 Соблюдение сроков проведения ТО	0,265	0,30
2. Качество обкатки тракторов	0,187	0,21	2.1 Состав специалистов	0,142	0,33
			2.2 Соблюдение правил обкатки	0,346	0,54
			2.3 Место обкатки	0,512	0,13
3. Организация и качество ТР	0,206	0,19	3.1 Применение деффектовки	0,167	0,22
			3.2 Обеспеченность зап. частями	0,173	0,30
			3.3 Применение диагностики	0,164	0,14
			3.4 Качество выполнения ремонта	0,148	0,13
			3.5 Состав специалистов	0,059	0,08
			3.6 Вид и необходимость ремонта	0,047	0,06
4. Хранение и качество тем	0,150	0,13	3.7 Характеристика рем. Базы	0,242	0,07
			4.1 Сортамент ТСМ	0,221	0,30
			4.2 Фильтрация топлива при заправке	0,147	0,19
			4.3 Фильтрация масла при заправке	0,186	0,20
			4.4 Контроль качества ТСМ	0,069	0,13

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6
5.Характеристики тракториста	0,080	0,14	4.5 Оснащенность заправочной станции и хранение ТСМ	0,232	0,07
			4.6 Отстой ТСМ	0,145	0,11
			5.1 Стаж работы	0,429	0,42
			5.2 Классность	0,234	0,28
			5.3 Проф. подготовка	0,162	0,14
6. Уровень организации использования и ремонта тракторов	0,066	0,10	5.4 Отношение к технике	0,175	0,16
			6.1 Число трактористов на 100 тракторов	0,192	0,20
			6.2 Число механизаторов сменивших трактор за срок службы	0,162	0,18
			6.3 Стимулирование за экономию	0,284	0,26
			6.4 Наличие межсменной стоянки в зимнее время года	0,210	0,11
			6.5 Учет затрат на ТОР	0,064	0,07
			6.6 Форма организации ТОР	0,088	0,08

После совместной обработки полученных данных методом математической статистики были выявлены зависимости технико-экономических и эксплуатационных показателей от уровня технической эксплуатации. Графики зависимостей представлены на рис. 1.

Выявленные закономерности изменения технико-экономических и эксплуатационных показателей тракторов, в зависимости от условий их функционирования, показывают, что (при изменении уровня технической эксплуатации тракторов от фактически минимального значения 0,55 до максимального 0,88): себестоимость эксплуатации уменьшится на 24%; годовая наработка увеличится на 18,9%; количество отработанных машинодней увеличится на 30%, машиносмен - на 32%; сменная наработка увеличится на 27%; коэффициент готовности увеличится на 14,3%; наработка на отказ - в 2,9 раза.

В результате проверки адекватности расчетных показателей использования тракторов фактическим, выявлено, что наибольшее отклонение расчетных показателей от фактических составляют: годовая наработка - 14%, количество отработанных машиносмен - 6%, коэффициент готовности- 12%, удельные затраты на проведение текущего ремонта - 9,5%. В целом, на

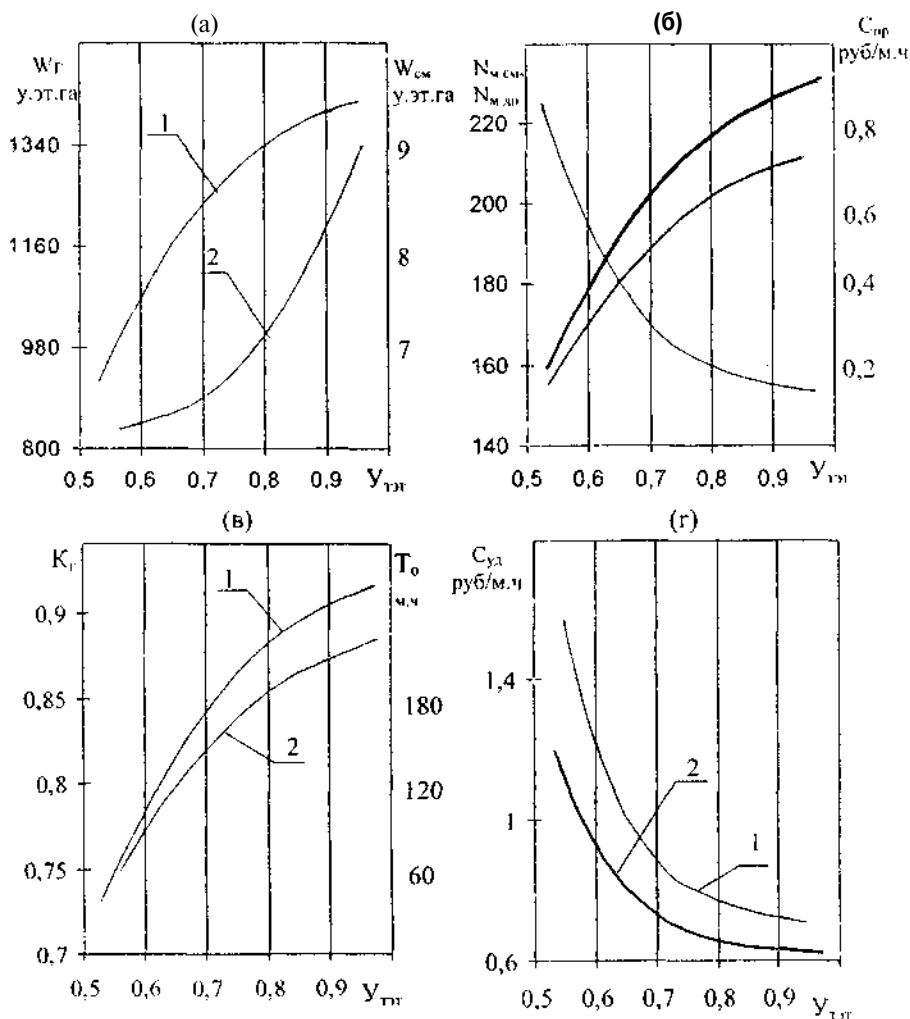


Рис. 1. Зависимости изменения эксплуатационных показателей и показателей надежности от уровня технической эксплуатации тракторов: (а) 1- годовая, 2-сменная наработки; (б) 1- количество выполненных тракторосмен, 2- количество выполненных трактородней, 3- удельных затрат от простоев (в ценах 1991 г.); (в) 1- коэффициент готовности, 2- наработки на отказ; (г) удельных затрат от отказов 1- в доремонтном периоде, 2- в послеремонтном периоде (в ценах 1991 г.)

практике фактические показатели подтверждают влияние уровня технической эксплуатации тракторов в размерах, установленных расчетным путем.

В соответствии с программой экспериментальных исследований 2 раза в месяц обобщались данные об отказах тракторов по группам сложности.

На основании определения величин параметров состояния агрегатов и систем были определены их весомости. Агрегаты, весомости которых оказались незначительны были вычеркнуты из общего списка агрегатов. Уточненный перечень агрегатов и систем трактора ДТ-75М, а так же их весомости, рассчитанные по формулам (13) и (16) приведены в таблице 2.

Определение погрешности оценки уровня работоспособности показало, что с доверительной вероятностью 0,90 величина доверительного интервала не превышает 8% от значения уровня работоспособности системы, рассчитанного по предложенной методике.

Таблица 2.

Перечень весомостей систем и агрегатов

№	Системы трактора	Весомость сис-мы	Коэф. вариации	Агрегаты трактора	Весомости агрегатов	Коэффициент вариации
1	2	3	4	5	6	7
1	Двигатель	0,252	0,23	1.1 Кривошипно-шатунный механизм	0,262	0,23
				1.2 Головка цилиндров	0,147	0,18
				1.3 Насос топливный	0,158	0,27
				1.4 Форсунка	0,106	0,21
				1.5 Цилиндропоршневая группа	0,228	0,16
				1.6 Воздушный фильтр	0,099	0,24
2	Трансмиссия	0,189	0,16	2.1 Коробка перемены передач	0,625	0,15
				2.2 Ведущий мост	0,375	0,18
3	Электрооборудование	0,123	0,21	3.1 Генератор	0,295	0,15
				3.2 Стартер	0,383	0,18
				3.3 Батарея аккумуляторная	0,194	0,21
				3.4 Реле- регулятор	0,128	0,12
4	Гидросистема	0,152	0,25	4.1 Насос	0,435	0,23
				4.2 Распределитель	0,324	0,18
				4.3 Силовой цилиндр	0,241	0,24

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7
5	Ходовая система	0,137	0,15	5.1 Гусеницы	0,377	0,19
				5.2 Опорные катки	0,159	0,21
				5.3 Ведущая звездочка	0,267	0,12
				5.4 Каретки	0,197	0,16
6	Несущая система, кабина	0,079	0,3	6.1 Рама	0,425	0,21
				6.2 Кабина	0,342	0,13
				6.3 Оперенья	0,233	0,18
7	Система контроля	0,068	0,71	7.1 Датчики	0,752	0,23
				7.2 Приборы	0,248	0,21

В результате исследований получены данные по отказам системы агрегатов тракторов. Результаты обработаны с использованием ЭВМ по разработанной программе. Зависимости приведены на рис. 2.

В период проведения экспериментальных наблюдений было уделено особое внимание виду выполняемых сельскохозяйственных работ тракторами ДТ-75М.

Для работ, соответствующих I группе, в общем объеме работ для тракторов ДТ-75М приходилось 60% , II группе - 20% и III группе - 20%. В период наблюдений эта тенденция сохранилась.

В результате наблюдений были установлены закономерности влияния вида выполняемых работ на параметр потока отказов с учетом условий функционирования и состояния техники.

Анализируя тенденцию изменения параметра потока отказов для различных с/х работ, можно сделать следующий вывод: с изменением степени неравномерности тяговых сопротивлений меняется и интенсивность параметр потока отказа трактора.

Проводились расчеты значений управляющих и управляемых показателей обеспечения работоспособности трактора на основе реализации целевых функций (17).

Управляющее воздействие процесса заключается в целенаправленном варьировании доремонтными, межремонтными наработками тракторов.

Исходя из данных хозяйственной деятельности, определены зависимости затрат на текущий ремонт и устранение отказов от использованного ресурса:

- до ремонта

$$C_3^* = 1,304 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 0,125 \cdot T - 70, \quad (26)$$

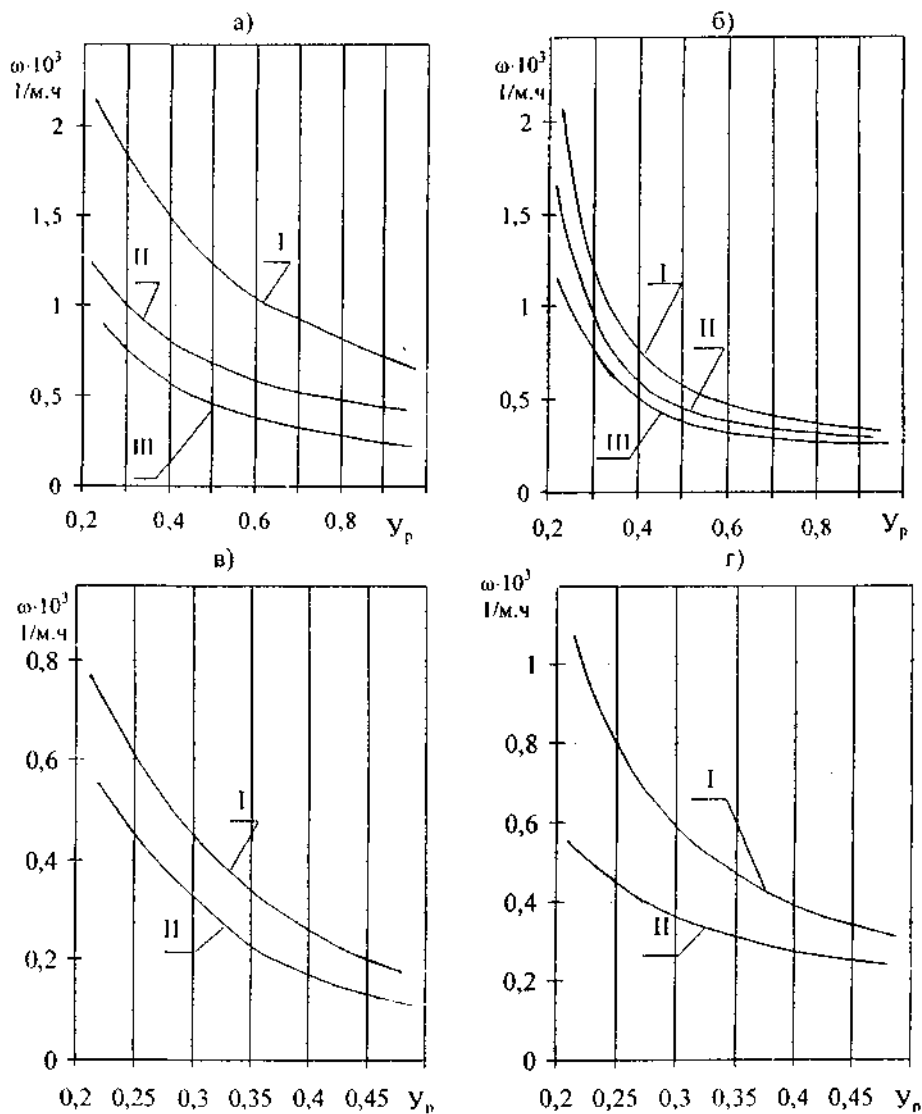


Рис. 2. Закономерность изменения параметра потока отказов по группам сложности: а) двигателя, б) трансмиссии, в) электрооборудования, г) гидросистемы ДТ-75М в зависимости от уровня их работоспособности

-после ремонта

$$C_{\text{м}} = 6,875 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,622 \cdot T - 4,62. \quad (27)$$

Затраты от простоя в зависимости от ресурса выглядят следующим образом:

$$C_{\text{пр}} = 8,87 + 6,72 \cdot 10^{-9} \cdot T^{3,11}. \quad (28)$$

Коэффициент, учитывающий снижение затрат от отказов, вычисляется из уравнения зависимости удельных затрат от отказов и уровня технической эксплуатации путем деления функции на значение затрат при $Y_{\text{т.т}} = 1$.

Зависимость коэффициента от уровня технической эксплуатации выглядит следующим образом:

- для доремонтного периода (устранение отказов)

$$K_{\text{д}}^{\text{с}} = 0,997 + 0,003 \cdot Y_{\text{т.т}}^{-8,445}, \quad (29)$$

- для послеремонтного периода (устранение отказов)

$$K_{\text{п}}^{\text{с}} = 0,97 + 0,03 \cdot Y_{\text{т.т}}^{-5,491}, \quad (30)$$

- для доремонтного и межремонтного периодов (затраты от простоя)

$$K_{\text{пр}} = \frac{Y_{\text{т.т}}}{(1,986 \cdot Y_{\text{т.т}} - 0,986)}. \quad (31)$$

Для моделирования были приняты следующие исходные данные и диапазоны их изменений:

$C_{\text{кр}} = 1369$ руб (в ценах 1991 г), $t_r = 1300$ м.ч.

$T_{\text{д}} = 2000 \dots 6000$, $T_{\text{м}} = 2000 \dots 6000$, $T_{\text{с}} = 1000 \dots 4000$.

Реализация целевых функций осуществлена на персональном компьютере по разработанной программе на языке программирования «Бейсик».

В результате получены расчетные значения доремонтной, межремонтной наработок и наработки до списания с учетом условий функционирования трактора и исходного состояния агрегатов, систем.

На рис. 3 представлены результаты определения оптимальных значений доремонтных, межремонтных наработок и наработки до списания в зависимости от уровня технической эксплуатации тракторов при различных исходных состояниях, т.е. при $Y_p = 1$; $Y_p = 0,9$; $Y_p = 0,7$; $Y_p = 0,5$ и $Y_p = 0,3$.

На рис. 3 также представлены результаты расчета оптимальных значений наработок с учетом разновременности затрат. Откуда видно, что оптимальные значения наработок повышаются на 14%.

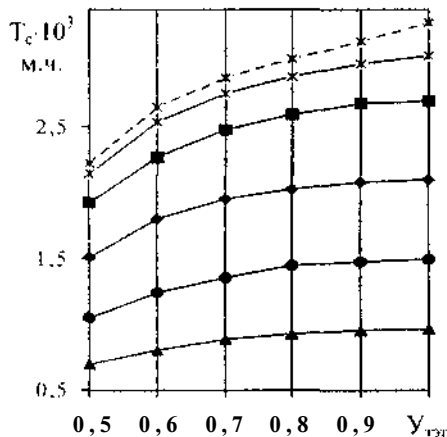
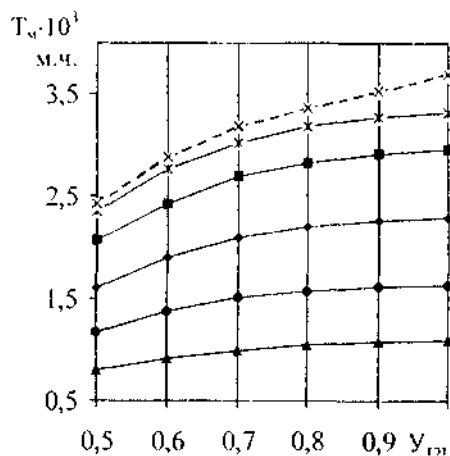
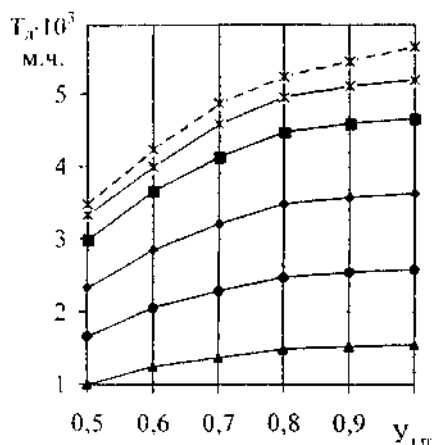


Рис. 3. Результаты определения оптимальных значений доремонтных (T_d), межремонтных (T_m) наработок и наработки до списания (T_c) в зависимости от уровня технической эксплуатации трактора ДТ-75М при следующих его состояниях:

$Y_p=1$ — — — — —
 $Y_p=0,9$ —■—■—■—
 $Y_p=0,7$ —◆—◆—◆—
 $Y_p=0,5$ —●—●—●—
 $Y_p=0,3$ —★—★—★—

С учетом разновременности затрат —+—+—+—+

Потребность трактора в капитальном ремонте обосновывается по величине прогнозируемых удельных затрат на обеспечение его работоспособности в период наработки до очередного ТО-3.

Произведен расчет предельных величин уровней работоспособности агрегатов трактора для предупредительной замены в процессе ТО-3.

Предельные величины уровней работоспособности варьируют от 0,05 до 0,3 и зависят от уровня технической эксплуатации тракторов.

С увеличением уровня технической эксплуатации тракторов ДТ-75М от 0,5 до 1,0 предельные величины уровня работоспособности цилиндро-поршневой группы меняется от 0,06 до 0,13; коробки перемены передачи- от 0,07 до 0,16; топливного насоса- от 0,09 до 0,24 и масляного насоса- от 0,13 до 0,3.

Очевидно, что с увеличением предельных значений уровня работоспособности элементов трактора повышается вероятность их отказа, что делает дальнейшую эксплуатацию агрегатов экономически не целесообразной.

Проверка адекватности модели управления работоспособностью тракторов фактически сводится к проверке устойчивости решения задачи.

Заметное влияние на расчетные значения наработки тракторов и трудоемкости ремонтно-обслуживающих воздействий оказывает погрешность оценки уровня их работоспособности.

В самом неблагоприятном случае, когда погрешность оценки уровня работоспособности имеет одинаковый знак, наработка трактора изменяется на 13%, а трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий на 18%.

В целом фактическая трудоемкость устранения последствий отказов отличается от расчетной в пределах 23,36 чел.ч, что составляет 13%, фактическая наработка от расчетной отличается на 48 у.эт.га, что составляет 9,6%.

Проверка адекватности расчетных и фактических значений, подтверждает влияния параметров модели управления работоспособностью трактора на результаты решения.

В шестом разделе приведены экономическая эффективность результатов исследований и рекомендации производству.

Представлены результаты разработки мероприятий по повышению уровня технической эксплуатации тракторов и обоснования их работоспособности. Выявлено, что уровень работоспособности техники зависит от условий функционирования.

В связи со снижением интенсивности изменения надежности, технико-экономических и эксплуатационных показателей с улучшением условий функционирования тракторов (рис.1), возникает необходимость в оптимизации уровня технической эксплуатации.

Оптимальное значение уровня определяется с учетом затрат на улучшение условий функционирования, на проведение ремонта и от простоев по целевой функции вида:

$$Z_{\text{от}} = \frac{1,1 \cdot Y_{\text{тот}} \cdot \alpha \cdot C_{\text{ж}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{пр}}}{5164,1 \cdot Y_{\text{тот}} - 1114,36 - 2589,4 \cdot Y_{\text{тот}}} \rightarrow \min. \quad (32)$$

где α - норматив капиталовложений в сельском хозяйстве; $C_{пр}$ - затраты от простоев, р.; $C_{уд}$ -затраты на устранение отказов, р.

Вышеуказанные зависимости изображены на (рис.4.), откуда видно, что оптимальное значение уровня технической эксплуатации равно 0,92. Для скорейшего повышения уровня технической эксплуатации тракторов до требуемого значения, необходимо определить факторы, реализация которых даст максимальный эффект.

Результаты определения перечня и последовательности повышения уровней определяющих факторов по группам реализации представлены в таблице 3.

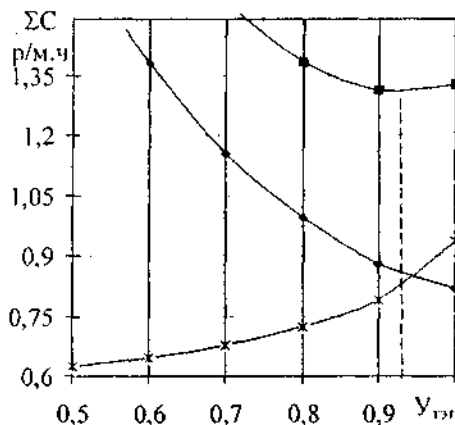


Рис 4. График оптимизации уровня технической эксплуатации тракторов,

- — суммарные затраты
- ◆ — удельные затраты от простоев и отказов
- ✕ — удельные затраты на повышение уровня технической эксплуатации тракторов

Обеспечение работоспособности сводится к увеличению ее до значения, при котором трактор выполнит заданный объем работы, в соответствии с агротехническими требованиями без отказа.

Таблица 3.

Показатели эффективности и коэффициенты вариации определяющих факторов по группам

№ п/п	Наименование определяющего фактора	Среднее значение фактора по хозяйствам	Показатель эффективности	Суммарный эффект нарастающим итогом, %	Коэффициент вариации
1	2	3	4	5	6
1. Факторы, зависящие от организационных мероприятий					
1.	Применение деф-фехтовки	0,612	0,0134	17,77	0,105
2.	Сортамент ТСМ	0,701	0,0099	30,97	0,098

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6
3.	Состав специалистов (при обкатке)	0,721	0,0074	40,70	0,103
4.	Стимулирование за экономию	0,613	0,0073	50,40	0,101
6.	Классность трактористов	0,773	0,0042	64,50	0,075
7.	Сменяемость тракторов	0,619	0,0041	69,80	0,108
Факторы, зависящие от дисциплины труда					
1.	Выполнение номенклатуры операций ТО	0,721	0,0267	28,77	0,129
2.	Соблюдение сроков проведения ТО	0,692	0,0255	56,25	0,106
3.	Соблюдение правил обкатки	0,733	0,0174	75,00	0,118
3. Факторы, зависящие от дополнительных капитальных вложений					
1.	Характеристика ремонтной базы	0,660	0,0329	22,67	0,092
2.	Наличие оборудования для проведения ТО	0,801	0,0268 ~	41,14	0,098
3.	Место обкатки	0,753	0,0239	57,61	0,107
4.	Обеспеченность запасными частями	0,573	0,0153	68,15	0,099
5.	Оснащенность заправочной станции и хранение ТСМ	0,621	0,0132	77,26	0,096

Повышение уровня технической эксплуатации до оптимального значения 0,92 целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе повышаются уровни определяющих факторов 1 и 2 групп до уровня 3 группы, т.е. до 0,72. Во втором этапе повышаются уровни факторов 3 группы до 0,92 и повторяется первый этап. Таким образом, первый этап проводится без дополнительных капитальных вложений, второй - предполагает некоторые затраты. В зависимости от возможностей хозяйств проводится или первый этап, или оба.

Исходя из закономерностей изменения параметров потока отказов выявлены предельные значения уровней работоспособности для различных видов сельскохозяйственных работ.

Появление отказа III группы сложности с доверительной вероятностью 0,9, является основанием для определения предельного значения. Однако,

выполнение сельскохозяйственных работ связано с расходованием ресурса. Поэтому, необходимо определить допустимые значения уровня работоспособности на этой сельскохозяйственной операции. Определены интенсивности изменения уровня работоспособности трактора: при вспашки (0,21), культивации (0,15), боронования (0,12), каткования (0,09).

В таблице 4 приведены предельные и допустимые значения уровня работоспособности для основных видов сельскохозяйственных работ трактора ДТ-75М.

Таблица 4.

Предельные и допустимые значения уровня работоспособности трактора ДТ-75М для основных видов сельскохозяйственных работ

Наименование сельскохозяйственных работ	Значения уровня работоспособности трактора	
	предельное	допустимое
Вспашка	0,46	0,67
Культивация	0,30	0,45
Боронование	0,26	0,38
Каткование	0,19	0,28

После определения уровня работоспособности, решается вопрос возможного привлечения тракторов на ту или иную работу, согласно таблице 4.

Формула определения требуемого уровня работоспособности для выполнения основных видов работ выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 Y_{pr} = Y'_{pi} + & \left[Y_{pi1} - \left(\frac{1}{5,54 - 0,941 Y_{pr}^{-2,491}} \right)^{0,71} \right] \cdot X_1 + \\
 & + \left[Y_{pi2} - \left(\frac{1}{5,36 - 0,774 Y_{pr}^{-2,491}} \right)^{0,91} \right] \cdot X_2 + \left[Y_{pi3} - \left(\frac{1}{5,121 - 0,814 Y_{pr}^{-2,491}} \right)^{1,24} \right] \cdot X_3 + \\
 & + \left[Y_{pi4} - \left(\frac{1}{4,908 - 0,664 Y_{pr}^{-2,491}} \right)^{1,445} \right] \cdot X_4
 \end{aligned} \quad (3.3)$$

где Y_{pr} - требуемое значение уровня работоспособности трактора; Y_{pi} - допустимое значение уровня работоспособности для выполнения i -ой операции; Y'_{pi} - наибольшее предельное значение уровня работоспособности для выполнения операции, входящий в номенклатуру работ на плановый период; X_1, X_2, X_3, X_4 - соответственно доля вспашки, культивации, боронования и каткования в общем объеме работ на плановый период для конкретного трактора.

При этом могут возникнуть следующие ситуации:

а) все сельскохозяйственные работы распределены по тракторам с учетом их состояния, т.е. $Y_p \geq Y_{pt}$;

б) некоторые работы могут быть невыполнены в связи с несоответствием состояния техники требуемому значению уровня работоспособности, т.е. $Y_p < Y_{pt}$.

При возникновении второй ситуации возможны следующие пути решения задачи:

- повысить уровень работоспособности трактора;
- уменьшить загрузку МТА или годовую наработку трактора.

В настоящее время применяется первый путь решения задачи. Для этого выявляются элементы с наибольшим потенциалом увеличения уровня работоспособности трактора.

Рациональной является последовательность повышения уровней работоспособности агрегатов, обеспечивающая наиболее быстрое повышение работоспособности трактора в целом.

Ранжирование агрегатов осуществляется в порядке уменьшения показателей их эффективности.

В результате расчетов выявлен перечень агрегатов, для которых необходимо провести ремонтно-обслуживающие воздействия.

Для достижения необходимого результата следует варьировать глубиной ремонтно-обслуживающих воздействий и охватом агрегатов в списке - чем глубже подвергаются агрегаты ремонтно-обслуживающему воздействию, тем меньше необходим их выбор по списку, и наоборот.

Второй путь решения заключается в снижении требуемого значения уровня работоспособности трактора до фактического. Это достигается искусственным снижением сопротивления агрегата, т.е. уменьшением количества корпусов, борон, культиваторных лап и т.д. или уменьшением годовой наработки трактора.

Количество рабочих органов СХМ, которые должны будут сняты с агрегата, определяются по формуле:

$$n_{p_{oi}} = \frac{(Y_{pt} - Y_{pf}) \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot B_{ki} - W_i \cdot Y_{pzi} \cdot B'_{ki}}{(Y_{pt} - Y_{pf}) \cdot B'_{ki} \cdot \sum_{i=1}^n W_i}, \quad (34)$$

где $n_{p_{oi}}$ - количество рабочих органов для i -ой СХМ, шт; Y_{pt} - требуемое значение уровня работоспособности трактора; Y_{pf} - фактическое значение уровня работоспособности трактора; B_{ki} - конструктивная ширина захвата i -ой СХМ, м; B'_{ki} - конструктивная ширина захвата одного рабочего органа i -ой СХМ, м; W_i - объем сельскохозяйственной работы для i -ой СХМ.

Далее производится уточнение требуемого уровня работоспособности по формуле и сравнение полученного значения и фактического:

$$Y_{\text{тн}} = Y_{\text{т}} - \frac{W_{\text{т}} \cdot Y_{\text{рл}}}{\sum_{i=1}^n W_i (n_{\text{р}} - n_{\text{рл}})}, \quad Y_{\text{тн}} \leq Y_{\text{ф}}. \quad (35)$$

Уточненное значение годовой наработки трактора определяется по формуле:

$$W_{\text{фр}} = \frac{(Y_{\text{рф}} + Y_{\text{рл}} - Y_{\text{рл}}) \cdot (5164,1Y_{\text{тн}} - 1114,36 - 2589, Y_{\text{тн}}^2)}{Y_{\text{рл}}}. \quad (36)$$

Разработан рабочий проект по управлению работоспособностью тракторов реализуемый на ЭВМ.

В результате внедрения рабочего проекта уровень технической эксплуатации повысился от 0,65 до 0,92, уровень работоспособности тракторов повысился в среднем на 17,8 %, суммарная годовая наработка тракторов увеличилась на 11,1 %; время на устранение последствий отказов снизилось на 31,8 %, т.е. от 1092 до 744,6 ч; трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий увеличилось на 20,7% за счет увеличения количества технических обслуживаний; средняя доремонтная наработка тракторов повысилась на 35,3 %, межремонтная наработка на 26,8%, и наработка до списания на 22,9%, экономический эффект составляет 3296,8 рублей на эталонный трактор (в ценах 2002 г.).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На фоне снижения технической оснащенности существующая система ремонтно- обслуживающих воздействий не обеспечивает надежность функционирования производственных процессов растениеводства. Отсутствие методов оптимизации и обеспечения работоспособности машинно- тракторного парка с учетом многообразия меняющихся факторов не способствуют проектированию и реализации системы технического обслуживания и ремонта как систему с переменной структурой.

2. Теоретически обоснован комплексный показатель условий функционирования техники - уровень технической эксплуатации тракторов. Он характеризуется перечнем определяющих и обобщенных факторов. Разработан метод определения весомостей, которые указывают на степень влияния природно- климатических и производственных условий на надежность и эффективность использования тракторов. Ошибка оценки уровня технической эксплуатации тракторов с доверительной вероятностью 0,9 не превышают 6%.

3. Выявлены закономерности изменения технико-экономических и эксплуатационных показателей тракторов. С увеличением уровня технической эксплуатации с 0,55 до 0,88: себестоимость эксплуатации уменьшится на 24%; увеличиваются годовая наработка на 18,9%; количество отработанных машинодней - 30%, машиносмен - 32%; сменная наработка - 27%; коэффициент готовности - 14,3%; наработка на отказ - в 2,9 раза.

4. Теоретически обоснован показатель, определяющий состояние техники - уровень работоспособности трактора. Разработан метод его определения, позволяющий оценить состояние и наметить мероприятия по управлению надежностью тракторов. Ошибка определения уровня работоспособности системы с доверительной вероятностью 0,9 не превышает 8%.

5. Для различных условий функционирования и состояния трактора выявлены оптимальные значения ремонтных наработок. Критерием оптимизации принят минимум удельных затрат на обеспечение работоспособности трактора. При увеличении уровня технической эксплуатации с 0,5 до 1 оптимальные значения доремонтной наработки повышаются в 1,6 раз, межремонтной наработки - в 1,3 раза, наработки до списания - в 1,4 раза.

6. Выявлены предельные величины уровней работоспособности сборочных единиц, которые позволяют заменить их предупредительно при ТО-3. Предельные значения уровней работоспособности агрегатов изменяются от 0,05 до 0,3 и зависят от условий функционирования тракторов.

7. Обоснованы показатели обеспечения работоспособности тракторов при дифференцированном планировании их использования. При этом годовая наработка машин увеличится на 65%, а удельные затраты на ремонт снижаются в 4,8 раза.

8. Разработана математическая модель управления показателями надежности тракторов, которая позволяет определить оптимальную наработку, сроки, объемы и варианты ремонтно-обслуживающих работ для каждой машины. Критерием оптимизации является минимум удельных затрат на поддержание конкретного трактора в работоспособном состоянии с учетом потерь от простоя и отказов по техническим причинам. Отклонение фактических затрат от планируемых не превышает 7%, что говорит об адекватности предложенной модели реальному процессу.

9. Повышение эффективности использования тракторов сводится к разработке мероприятий по двум направлениям: 1) повышение уровня технической эксплуатации тракторов; 2) обоснование и оптимизация уровня их работоспособности. Они, позволяют повысить уровень технической эксплуатации техники с фактического 0,65 до оптимального 0,92. Повышение уровня технической эксплуатации целесообразно осуществлять в два этапа. Первый - без дополнительных капиталовложений, второй - с дополнительными капиталовложениями. Разработанные мероприятия по улучшению условий функ-

ционирования включают дифференциацию тракторов по признаку способности выполнять операции в необходимые агросроки и с требуемым качеством.

10. Разработанные и официально зарегистрированные в Роспатенте 5 программ на ЭВМ позволяют значительно сократить время проведения необходимых расчетов при проектировании мероприятий по обоснованию работоспособности тракторов для конкретных условий аграрного производства.

11. Внедрение в производство результатов теоретических и экспериментальных исследований обеспечит повышение уровня работоспособности тракторов, сократит простои по техническим причинам в среднем на 64%. Годовой экономический эффект от внедрения мероприятий составил 3296,8 рублей на эталонный трактор (в ценах 2002 г.).

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Об оптимизации использования тракторов // Вклад молодых ученых и специалистов в интенсификацию производства и перестройку работы ЛПК. Матер, науч.-прак. конф.- Казань, 1990. - С. 52-53.

2. Галиев И.Г. Годовая наработка тракторов.// Вклад молодых ученых и специалистов в интенсификацию производства и перестройку работы АПК. Матер, науч.-прак. конф.- Казань, 1990. - С. 62-64.

3. Галиев И.Г. Мероприятия по улучшению использования тракторов // Вклад молодых ученых и специалистов в интенсификацию производства и перестройку работы АПК. Матер, науч.-прак. конф.- Казань, 1990. - С. 67-70.

4. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Оптимизация межремонтной наработки. //Матер, науч.-прак. конф., посвященной 70-летию НПО "Нива Татарстана". Казань, 1991.-С 38-39.

5. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Резервы улучшения показателей надежности двигателей // Диагностика повышения эффективности, экономичности и долговечности двигателей. Матер. Всесоюз. постоянно действующего науч.-техн. семинара, Ленинград -Пушкин, 1991. - С 26-27.

6. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Исследование и обоснование использования тракторов в условиях рядовой эксплуатации (на примере хозяйств ТССР). Деп. рукопись №203 ВС-91, 1991.-ПО с.

7. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. К оптимизации сроков обслуживания и службы тракторов в с/х. //Матер. IX- науч.-методической конф. кафедр "Тракторы и автомобили" с/х вузов Поволжья и Предуралья: Казань, 1995. - С 25.

8. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Резервы улучшения использования тракторов //Техника в сельском хозяйстве, 1996. №2. - С. 22-24.

9. Галиев И.Г. "Деловые вычисления и расчеты" как учебная дисциплина. Соотношение Российского и зарубежного опытов //Совершенствование -

подготовки и переподготовки специалистов в условиях рыночных отношений. Матер, междунар. конф. в рамках ЮНЕСКО. – Казань, 1996. – С. 57-59.

10. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Постановка задач для решения проблемы снижения себестоимости продукции с/х производства путем организации полевых работ с учетом работоспособности техники //Сб. науч. тр. молодых ученых и аспирантов. – Казань, 1996. – С. 23-31.

11. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Коэффициент работоспособноеTM как показатель состояния и управления надежностью сельскохозяйственной техники // Актуальные проблемы развития аграрного сектора в условиях развития рыночных отношений. Тр. юб. науч.- прак. конф. -Казань, 1997. -С. 11-12.

12. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Выбор варианта ремонтных воздействий //О путях обеспечения с/х производства техническими ресурсами. Матер, науч. конф. ФМСХ состоявшийся 1 апреля 1998 г. – С. 16-20.

13. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Обоснование работоспособности тракторов // Совершенствование и развитие мобильной энергии в сельском хозяйстве. Матер. 10^й науч.- прак. конф. вузов Поволжья и Предуралья.ЧГСХА, 1998. – С. 162-164.

14. Галеев Г.Г., Галиев И.Г., Бикмуллин А.И. Состояние и потребности аграрного производства в энергетических средствах // Перспективы развития автомобилей и двигателей в республике Татарстан: тр. юб. науч.- прак. конф. ОАО КамАЗ, Набережные Челны, 1999. – С. 260-26).

15. Галиев И.Г. Управление работоспособностью тракторов // Перспективы развития автомобилей и двигателей в республике Татарстан: тр. юб. науч.- прак. конф. ОАО КамАЗ. – Набережные Челны, 1999. – С. 264-265.

16. Галиев И.Г. Методика управления работоспособностью тракторов. //Проблемы механизации сельского хозяйства. Юб. сб. науч. тр. Казанской ГСХА. – Казань, 2000. – С. 48-50.

17. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Обоснование работоспособности техники в аграрном производстве с учетом условий их функционирования //Тр. II междунар. науч.-прак. конф. "Автомобиль и техносфера", Казань, 13 -16 июня 2001 г., Казань: Изд-во Казан. Гос. техн. ун-та, 2001. – С. 584-586.

18. Галеев Г.Г., Галиев И.Г., Бикмуллин А.И. Обоснование основных параметров пахотного агрегата //Тр. II междунар. науч.- практ. конф. "Автомобиль и техносфера", Казань, 13-16 июня 2001 г.,Казань: Изд-во Казан. Гос. техн. ун-та, 2001. – С. 599-600.

19. Галиев И.Г. Обоснование варианта ремонтных воздействий. //Тр. Казанской ГСХА. -Казань: Изд-во «ЦОП» , 2001. -Т. 70 -С 73-74.

20. Галиев И.Г. Определение весомостей агрегатов, систем и влияние уровня работоспособности на надежность трактора //Тр. Казанской ГСХА. – Казань: Изд-ство «ЦОП» , 2001. -Т. 70,-С 75-93.

21. Галеев Г.Г., Галиев И.Г. Разработка мероприятий по повышению работоспособности тракторов //Тр. Казанской ГСХА.- Казань: Изд-во «ЦОП» , 2001.-Т. 70,-С. 83-84.

22. Галеев Г.Г., Галиев И.Г., Бикмуллин А.И. К выбору параметра пахотного агрегата //Тр. Казанской ГСХА. - Казань: Изд-во «ЦОП» , 2001. -Т. 70. -С. 121-123.

23. Галиев И.Г. Обоснование сроков ремонта и службы тракторов с учетом условий их функционирования //Тр. Казанской ГСХА. - Казань: Изд-во «ЦОП» , 2001. -Т. 70.- С. 237-242.

24. Галиев И.Г. Обоснование работоспособности тракторов и влияние его состояния на окружающую среду //Сб. докл. Всерос. науч.- прак. конф. Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем (часть II). - Изд-во Казан, ун-та, 2002.-С. 382-387.

25. Галиев И.Г. Обоснование предельного состояния афегатов трактора // Проблема механизации сельского хозяйства. Тр. КГСХА (Матер, юб. междунар. конф.)-Изд-во Мастер Лайн, 2002. -Т. 71. - С. 93-97.

26. Галиев И.Г., Макаров П.И., Галеев Г.Г. Результаты определения предельного состояния систем и афегатов трактора ДТ-75М // Проблема механизации сельского хозяйства. Тр. КГСХА (Матер, юб. междунар. конф.)-Изд-во Мастер Лайн, 2002. -Т. 71. - С. 174-178.

27. Галиев И.Г. Оптимизация уровня технической эксплуатации тракторов // Проблема механизации сельского хозяйства. Тр. КГСХА (Матер, юб. междунар. конф.) - Изд-во Мастер Лайн, 2002. -Т. 71. - С. 97-100.

28. Галиев И.Г., Галеев Г.Г., Санатуллин И.Х. Повышение работоспособности турбокомпрессоров тракторных и комбайновых двигателей // Проблема механизации сельского хозяйства. Тр. КГСХА (Матер, юб. междунар. конф.)-Изд-во Мастер Лайн, 2002. -Т. 71. - С. 88-90.

29. Галиев И.Г. Рабочий проект по управлению работоспособностью тракторов с учетом их состояния и условий функционирования //Методическое пособие студентам и практические рекомендации производству.-Казань, Изд-во Казанской ГСХА, 2002. -56 с.

30. Галиев И.Г. Профамма определения оптимального вида зависимостей технико- экономических и эксплуатационных показателей от уровня их технической эксплуатации и работоспособности. Зарегистрирована в Российском агентстве по патентам и товарным знакам (Роспатент). Регистрационный номер А^ГУ20026 1074 от 27.06.2002.- 9 с.

31. Галиев И.Г., Макарон П.И. Программа линейного множественного регрессионного, корреляционного анализа и определения весомостей факторов уровня технической эксплуатации тракторов. Зарегистрирована в России-

ском агентстве по патентам и товарным знакам (Роспатент). Регистрационный номер №2002611133 от 05.07.2002. - 8 с.

32. Галиев И.Г. Программа оценки работоспособности тракторов и разработка мероприятий по ее повышению. Зарегистрирована в Российском агентстве по патентам и товарным знакам (Роспатент). Регистрационный номер №2002611834 от 24.10.2002. - 10 с.

33. Галиев И.Г. Программа оценки уровня технической эксплуатации тракторов и разработка мероприятий по ее повышению. Зарегистрирована в Российском агентстве по патентам и товарным знакам (Роспатент). Регистрационный номер №2002611832 от 24.10.2002. - 9 с.

34. Галиев И.Г. Программа управления работоспособностью тракторов. Зарегистрирована в Российском агентстве по патентам и товарным знакам (Роспатент). Регистрационный номер №2002611833 от 24.10.2002. - 15 с.

35. Галиев И.Г. Повышение эффективности использования тракторов с учетом условий их функционирования. -Казань: Изд-во Казан, ун-та, 2002.- 204 с.